

## UAS 산업 활성화를 위한 스펙트럼 정책 및 기술

## Spectrum Policy and Technologies for Promoting UAS Industry

강 영 흥

Young-Heung Kang

### 요 약

UAS(Unmanned Aircraft System) 또는 드론(drone)은 4차 산업혁명의 도래와 함께 급격히 성장할 것으로 예상되고 있으므로 미국을 비롯하여 EU, 중국, 일본 등에서는 국가 차원의 로드맵을 수립하고, UAS 관련 산업을 적극 육성하고 있다. 국내에서도 '16년도에 향후 성장 잠재력이 큰 무선통신 기반 유망 신산업 활성화를 위해 드론에는 2,670 MHz 주파수를 신규·추가로 공급하였다. 이에 본 연구에서는 UAS 국내외 산업동향, 핵심 전파기술과 주파수 확보 방안, 국내외 법제도 등을 분석하여 국내의 UAS 산업 활성화를 위한 방안을 제시하고자 한다.

### Abstract

Since the UAS(Unmanned Aircraft System) or Drone is expected to grow rapidly with the advent of the 4<sup>th</sup> Industrial Revolution era, the EU, China, and Japan as well as United States have developed a national roadmap and actively fostered UAS related industries. Also, in Korea, the frequencies of 2,670 MHz bandwidth has been also supplied newly or additionally in 2016 for Drones in order to activate promising a new UAS industry based on wireless communication, which has great potential for future industrial growth. Therefore, in this paper, some solutions to promote UAS industry has been proposed by analyzing the domestic trends, the major technologies, the frequency issues, and the law framework for UAS.

Key words: UAS, Drone, Frequency, Framework

### I. 서 론

UAS 또는 드론은 초기에 군사 목적으로 운영되어 왔으나, 오늘날 실생활에 그 응용이 크게 증가하고 있으며, 관련 산업은 UAS 혁신 기술로부터 파생되는 이익이 발생함에 따라 수십억 달러의 비즈니스로 빠르게 성장하고 있다. UAS 응용의 활용 분야는 아주 넓고 구체화되고 있으며, 특히 눈사태 또는 홍수와 같은 자연재해에서 실종자의 위치 파악, 고속도로 및 교량, 풍력 발전 또는 전력

망과 같은 기반 시설 감시뿐만 아니라, 화재 또는 방사능 노출 지역에서의 위험한 작업 등에 적합하다<sup>[1][2]</sup>.

상용(즉, 화물 운송) 뿐만 아니라, 국가 안전 및 방위, 긴급 재난 재해 대처, 과학 등을 위한 중요한 미션을 수행하기 위해 무인기를 공역(airspace)으로 비행할 필요성이 증가하고 있다. 이러한 공역통합에서 해결해야 할 중요한 문제 중의 하나가 지상에서 무인기에 접속하는 CNPC(Control and Non-Payload Communications) 링크를 확보하는 것이다. CNPC 링크는 C & C(Command and Control), SAA

「본 연구는 2016년도 한국방송통신전파진흥원 위탁연구과제(과제번호: KCA연구 2016-16)의 일환으로 수행하였음.」

군산대학교 컴퓨터정보통신공학부(School of Computer, Information & Communication Engineering, Kunsan National University)

· Manuscript received May 2, 2017 ; Revised June 16, 2017 ; Accepted June 24, 2017. (ID No. 20170502-02S)

· Corresponding Author: Young-Heung Kang (e-mail: yhkang@kunsan.ac.kr)

(Sense And Avoid), ATC(Air Traffic Control) 중계, 비디오 및 기상 레이더와 같은 안전의 중요한 기능을 지원한다. 이에 ICAO(International Civil Aviation Organization)에서는 CNPC 링크가 ITU 지정 AM(R)S(Aeronautical Mobile(Route) Service) 및 AMS(R)S (Aeronautical Mobile Satellite(Route) Service) 하에서 보호된 항공 스펙트럼에서 운용되어야 한다고 결정했다. AM(R)S 스펙트럼은 LoS(Line-of-Sight) 지상 기반의 CNPC 링크를 지원하는 반면, AMS(R)S 스펙트럼은 BLoS(Beyond LoS) 위성기반의 CNPC 링크를 지원한다<sup>[3],[4]</sup>.

지상 CNPC 링크용 L-대역 스펙트럼 분배는 DACS(Digital Aeronautical Communication Systems)와의 동일 사이트 간섭으로 인해 사용이 불확실하다. 또한, 위성 CNPC 링크용 스펙트럼 분배도 충분하지 않다. 이 문제를 해결할 수 있는 한 방법은 위성 CNPC 링크용으로 FSS(Fixed Satellite Service) 주파수 대역 사용을 허용하는 것으로, WRC-15에서 논의되어 그 결정은 WRC-23에서 이루어지리라 기대되고 있다<sup>[1],[3]</sup>.

이러한 국제적인 추세에 따라 미래창조과학부는 올해 IoT, 드론, 자율주행차 등 향후 성장 잠재력이 큰 3가지 무선통신 기반 유망 신산업 활성화를 위해 관련 주파수 6,850 MHz 폭을 확대 공급한다고 발표하였다. 이 중 드론에는 2,670 MHz 주파수를 신규·추가로 위성을 활용한 드론 제어용으로 2,520 MHz 폭을 신규 공급하며, 영상전송(환경·화재감시용) 등 각종 드론 임무용을 위해 159 MHz 폭(소형 드론 100 MHz 폭, 중대형 드론 59 MHz)을 추가로 제공하였다<sup>[5]</sup>.

한편, UAS 운용에 있어 안전 이슈 중에 공역에서 모든 비행체로부터 안전거리를 유지시키는 기능보다 어려운 일은 없다. 이는 다른 IFR(Instrument Flight Rule) 트래픽으로부터 분리하는 ATC(Air Traffic Control) 시스템의 통상적인 기능이지만, Class E 공역에서는 VFR(Visual Flight Rule) 비행이 허용되며, 안전거리 유지책임은 모든 파일럿에 있다. 파일럿은 비행체 안전거리 유지를 위해 전자적 기술이나 ATC 서비스를 사용하여 궁극적으로 “see and avoid” 기능을 이용하지만, 파일럿이 탑승하지 않은 무인 UAS는 이 기능을 수행하기 위해 “Sense and Avoid”(SAA)를 이용한다면 모든 비행체에 동등한 레벨의 안전

을 제공할 수 있다<sup>[5]</sup>. 이에 UAS 핵심기술로서 SAA에 필요한 각종 센서기술 및 회피기술과 관련하여 단기적으로 실현 가능한 GBSAA(Ground Based SAA), 장기적으로 ABSAA (Air Based SAA) 등을 고려하고 있다<sup>[6]</sup>.

국내외적으로 재해 시 사람이 접근하기 어려운 장소에서 작업을 행하기 위한 드론 활용의 중요성을 인식하여 드론의 원격조작이나 화상·데이터 전송에는 전파가 이용되고 있다는 점, 보다 고화질로 장거리 화상 전송 등이 필요한 점, 전파 이용의 고도화·다양화에 관한 니즈(needs)가 높아지고 있다는 현실을 고려하여 드론 관련 기술기준의 고도화 및 새로운 기준 제정 등이 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 일본의 드론의 화상전송시스템을 위한 2.4 GHz 및 5.7 GHz에 대한 채널 및 기술기준의 정비, 백업용으로 VHF 주파수 확보 등에 대한 정책분석을 수행하여 국내 드론 기술기준 도입 및 재정비 방안을 제안하고자 한다.

이를 위해 II 장에서는 UAS의 이용분야와 관련 서비스 및 시장 예측, UAS 관련 산업의 국내외 동향을 분석하고, III 장에서는 UAS 효율적 운영을 위한 스펙트럼 분배에 대해 WRC-15 및 ITU-R 연구 등의 결과와 미국 및 국내 현황을 분석 정리한다. IV 장에서는 UAS의 공역통합을 위한 핵심적인 기술로서 위한 SAA에 필요한 각종 센서기술 및 회피기술, GBSAA를 이용한 ATC(Air Traffic Control) 과정을 설명한다. 이를 통하여 V 장에서는 UAS 산업 활성화를 위한 국내 법 제도 및 기술기준 개선 방안을 제시하여 VI 장에서 결론을 내린다.

## II. UAS 산업

### 2-1 UAS 이용 분야

드론(drone) 또는 UAS(Unmanned Aircraft System)는 초기에는 군사 목적으로 운영되어 왔으나, 오늘날 실생활에 그 응용이 크게 증가하고 있으며, 관련 산업은 UAS 혁신 기술로부터 파생되는 이익이 발생함에 따라 수십억 달러의 비즈니스로 빠르게 성장하고 있다.

UAS가 수년 동안 사용되어 왔지만, 오늘날 지붕, 다리 점점 같은 기반시설의 위험 요소 평가 및 유지보수 분야 등 작업 환경이 열악하고, 위험한 건설 현장에서 최적의

작업능력을 보인다(그림 1 참조). 다른 솔루션에 비해 이용의 용이성과 진입 장벽이 낮은 저비용의 방법이라 할 수 있으며, 예를 들어 UAS를 이용하면 15분 이내에 1,000장의 항공사진을 지형기반 맵으로서 전달 가능하여 전통적인 조사에 비해 17배 빠른 작업이 가능하다<sup>[2]</sup>. 또한, UAS는 곡식작물 조사 및 국경 경계에 사용될 수 있으며, 탐색/구조 미션의 정찰임무를 제공하고, 트래픽 형태 또는 뉴스 기사를 보고할 수 있다. 이외에도 야생동물의 감시 및 파이프라인을 순찰하거나 얼음/빙하의 해빙 경고, 기름 유출의 조사, 법 집행, 어업 조정, 무비 촬영, 재난 안전 구호 활동이 가능하다.

## 2-2 UAS 시장

### 2-2-1 미국

UAS는 손바닥 크기의 마이크로 감시용 비행체에서 7.5톤의 제트엔진동력으로 30시간 이상의 논스톱(non-stop) 비행이 가능한 RQ-4 Global Hawk에 이르는 크기를 가지고 있다. UAS 기술은 초기에 리모트 트래킹(remote tracking)과 정찰임무용의 군사목적으로 개발되었지만, 수년전부터 그 응용이 시민과 상업용으로 확산되어 가격이 500~2,000 달러의 소형(3파운드 이하) 유닛(unit)이 급격히 증가하고 있다.

FAA(Federal Aviation Administration)에 의하면 UAS는 미국에서 2016년 상용으로 600,000대 이상의 UAS가 전개되고 있으며, 이는 일반 항공용의 유인 비행기의 204,408대에 비해 상당한 숫자를 보이고 있다. 2020년까지 270만대의 상용 UAS가 예상되고 있으며, 현재의 항공의 유인

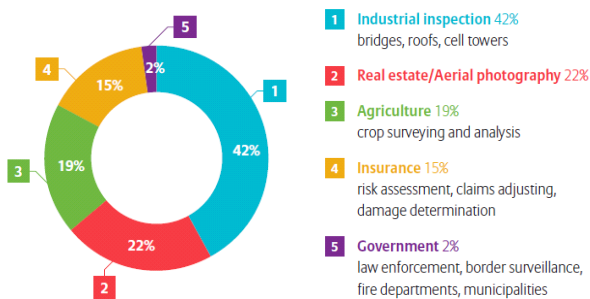


그림 1. UAS 서비스 분포<sup>[2]</sup>  
Fig. 1. UAS services<sup>[2]</sup>.

비행기수의 10배 이상이 될 것이다(표 1 참조)<sup>[2]</sup>.

UAS 군용 공급자들은 비즈니스 모델에서의 변화를 꾀하면서, 특히 ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance)을 제공하는 서비스 모델 및 비즈니스, 기타 서비스들을 강조하면서 상용 UAS 시장으로 파고들 것이다. 이러한 상용 UAS 시장 증가세는 2035년까지 지속될 것으로 보이며, 이를 그림 2에 보인다. UAS 상용시장의 정의가 이루어지는 2022~2023년 기간에 제품 및 서비스를 포함한 UAS 비행체의 상용 판매가 개시되어 2035년까지 총 152,000개에 이르는 UAS 비행체로 가속의 성장을 이루게 될 것이며, 이 중 175,000개는 상용 제품이 될 것이다<sup>[7]</sup>.

### 2-2-2 유럽

그림 3은 유럽의 상용 UAS 시장에서 매년 다양한 분야의 이용분포를 예측한 것이다. 이러한 예측결과는 모두 UAS에 대한 법제도 개발 및 제정에 따라 그 시장규모는 상당히 크게 성장해 갈 것으로 예측되고 있으며, 예를 들

표 1. UAS 시장<sup>[2]</sup>

Table 1. UAS market<sup>[2]</sup>.

(millions sales)

Vehicle type	2016	2017	2018	2019	2020
Hobby aircraft(incl. model)	1.9	2.3	2.9	3.5	4.3
Commercial use aircraft (excl. model)	0.6	2.5	2.6	2.6	2.7
Total	2.5	4.8	5.5	6.1	7.0

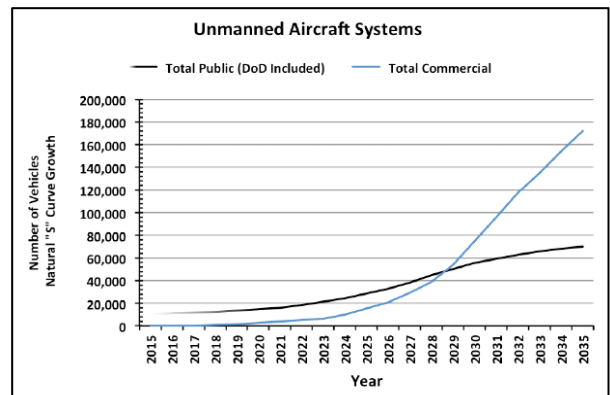


그림 2. 미국의 UAS 시장 예측<sup>[7]</sup>  
Fig. 2. US UAS market forecast<sup>[7]</sup>.

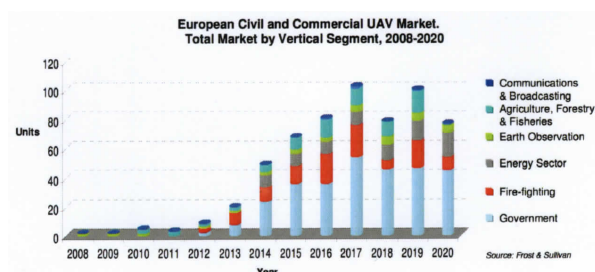


그림 3. 유럽의 UAS 이용분야별 시장전망<sup>[8]</sup>  
Fig. 3. EU UAS market forecast in utilization sectors<sup>[8]</sup>.

어 일본에서는 농업 분야에서 UAS 규정이 제정된 후로 1993~2005년 사이에 UAS 운용자가 18배 이상으로 증가하였다<sup>[8]</sup>.

### 2-2-3 국내

한국드론협회에 따르면 지난해 국내 시장 규모는 700억 원, 올해 1,000억 원을 예상하고 있지만, 국내 드론업체의 시장점유율은 약 18%로 '15년도 30%였던 것에 비하면 크게 감소한 수치이다. 또한 국내 드론업체 수는 약 1500여개에 이르지만, 이 중 독자적인 기술을 가지고 드론을 만드는 업체는 10곳에 불과하다('17년 6월 24일자 이데일리 뉴스).

## III. UAS 핵심기술

### 3-1 개요

국가 공역시스템으로의 UAS 통합 모델은 다수의 정부 및 민간 기업에서 개발되고 있으며, 이를 위한 수많은 기술개발이 이루어지고 있다. UAS에 “see and avoid” 기능을 갖도록 하는 것이 첫 번째 기술 도전이며, 누구나 가까운 미래에 택배 배송 또는 트래픽 모니터링, 소방 및 경찰 업무 지원 등과 같은 서비스 제공을 위해 원격으로 조정하는 민간 항공기가 날아다니는 모습을 상상하고 있다. 이를 위해서는 국가 공역시스템 내에서 다른 항공기들이 안전하게 비행할 수 있도록 UAS에 안전한 방법을 제공하는 전자기 센서를 사용하는 GBSAA(Ground Based Sense and Avoid)의 개발이 절실히 요구되고 있으며, 이는 항공 산업에 있어 역사적인 발전의 시작이라 할 수 있다.

### 3-2 SAA 기술

UAS에서의 SAA는 2가지 방법, 지상 센싱에 근거한 GBSAA와 항공기 센싱에 근거한 ABSAA(Air Based Sense and Avoid)이다. 지상에 근거한 센싱은 레이더와 기타 센서들을 사용하여 공역에서의 감시를 수행하며, 여기서 주변의 모든 비행체로부터 안전거리를 유지시키기 위해 원격 파일럿 또는 UAS 오토파일럿이 비행제어를 한다. 항공기 센싱은 UAS의 센서들을 이용하여 주변의 비행체를 검출하면 온보드 알고리즘이 비행체 충돌을 안전하게 회피하도록 지침을 제공한다.

기존의 센싱 기술들이 UAS에 사용될 수 있지만, 여러 가지 장단점을 갖고 있다. 예로서 협력 센서들(Traffic Alert and Collision Avoidance System: TCAS과 Automatic Dependent Surveillance Broadcast: ADS-B)이 모든 기후 조건에서 사용 가능하지만 매우 고가이다. 능동 독립기술의 하나로서 SAR(Synthetic Aperture Radar)은 VMC(Visual Meteorological Condition) 및 IMC(Instrument Meteorological Condition) 두 조건 모두 동작하지만, 그 정확도는 개선되어야 한다<sup>[9]</sup>.

다른 형태의 능동 기술인 LiDAR(Laser/Light Detection and Ranging)는 VMC 및 IMC에서 동작하며 쉽게 구성되지만, FOV(Field of View)는 매우 좁다. 수동 독립기술들(Electro-Optical: EO, 음향, 적외선)의 장점은 매우 저렴하며, 글라이더나 새들과 같은 트랜스 폰더 미장착 트래픽을 검출할 수 있는 기능이다. 이들의 가장 큰 단점은 직접 거리를 측정할 수 없으며, IMC에서 성능이 좋지 않다는 점이다. 협력 및 독립 센서들의 관점에서 전형적인 센서들의 검출 레인지를 그림 4에 보인다<sup>[9]</sup>.

### 3-3 GBSAA

GBSAA는 지상기반의 방법으로 항공기 트래픽을 검출하고, FAA “see-and-avoid” 규정에 따라 다른 항공기들의 안전운항을 방해하지 않도록 UAS에 지능을 부여하는 것이다. GBSAA 시스템은 모든 가능한 센서들, 상관(correlation), 융합(fusion), 통신, 네트워크, 로직, 프로시저를 포함하고 있다. 지상 센서인 주(primary) 레이더는 탐색 볼륨(surveillance volume)이라 부르는 공역의 고정 부피

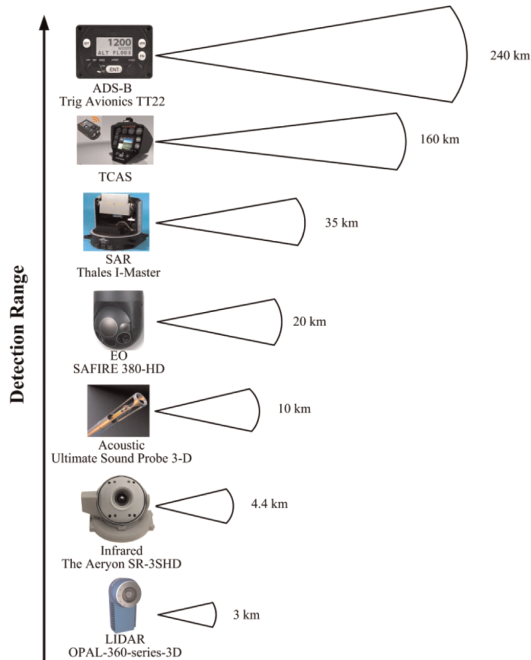


그림 4. 센싱 디바이스<sup>[9]</sup>

Fig. 4. Sensing devices<sup>[9]</sup>.

내의 에어 트래픽을 검출한다. 지상 센서를 이용한 검출에 근거하여 GBSAA 시스템은 트랙 픽처(track picture)를 개발한다. GBSAA 시스템은 기록(scoring) 알고리즘을 사용하여 탐색 볼륨 내에서의 무인 항공기의 위치, 목적지, 다른 비행기와와의 상대 속도 등을 계산한다. GBSAA 운용자는 GBSAA 시스템을 모니터하여 만일 충돌 위험 거리 내에 있으면 UAS에 경고를 하게 된다. 또한 GBSAA 시스템은 UAS의 동작상태 및 성능을 모니터링하는 기능을 갖고 있다. 만일 시스템이 UAS 내의 어떤 문제나 트래픽 충돌 가능성을 감지하면 GBSAA 운용자에게 필요한 조치를 통지한다. GBSAA가 운영되는 동안 무인 비행기는 운용지역으로 간주되는 공역 내에서 비행을 하게 된다. 운용지역의 사이즈와 위치는 GBSAA 및 UAS 운용자에게 필요한 조치를 통지하여 그 조치가 수행될 수 있는 충분한 시간을 갖고, 무인 비행기가 검출 추적될 수 있도록 GBSAA의 탐색 볼륨 설정 능력에 따른다<sup>[6]</sup>.

그림 5에 GBSAA 시스템에 필요한 구조와 통신체계를 나타낸다. UAC(Unmanned Aircraft Commander)는 무인 비행체 운용자를 지휘하거나 관리하며, GBSAA 운용자가

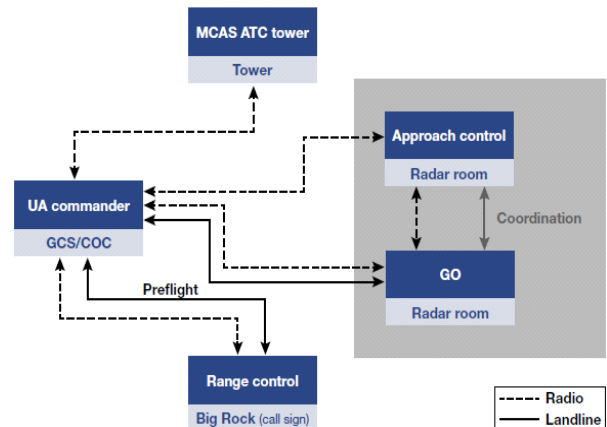


그림 5. GBSAA 통신체계<sup>[6]</sup>

Fig. 5. GBSAA communication system<sup>[6]</sup>.

공역을 충분히 이해할 수 있도록 지속적인 통신을 수행한다. UAC의 주요 임무는 UAS 미션을 안전하게 수행하는 일에 대한 책임, 공역에서의 영역 간의 이동결정, GBSAA 운용자, ATC 타워, 어프로치 컨트롤(approach control) 및 레인지 컨트롤과의 적절한 상호 통신확보를 포함한다.

ATC는 cherry point 공역 내에서 여러 기능을 처리한다. 어프로치 컨트롤은 cherry point 지역 내의 비행기를 위한 분리(separation) 서비스를 제공하며, 레이다 룸(room)에서 GBSAA에 아주 밀접하게 위치하도록 한다. 이러한 GBSAA에 어프로치 컨트롤을 밀접하게 접근시키는 것은 무인 비행체의 운항동안 조정거리에 도움을 주게 된다. 어프로치 컨트롤러는 무인 비행기 운용자가 공역 내에 있음을 인식하게 하여 GBSAA와 무인 비행기 동작에 무관하게 무인 비행기가 유인 비행기처럼 취급되도록 한다.

## IV. UAS 주파수

### 4-1 UAS 주파수

#### 4-1-1 CNPC 소요 대역폭

WRC-12를 위한 새로운 의제로 WRC-07에서 RES 421이 만들어졌으며, 이 의제는 UAS의 C & C(Command and Control)를 지원하기 위한 소요 대역폭에 대한 연구였다. 그 결과, ITU-R에서는 지상 LoS와 위성 BLoS에서의 UAS CNPC에 필요한 최대 스펙트럼 소요량을 평가하였으며,

표 2. UAS CNPC용 소요 대역폭

Table 2. Required bandwidth for UAS CNPC.

Communications	Total bandwidth	Links
Terrestrial LoS	34 MHz	- UACS to UA: 4.6 MHz - UA to UACS: 29.4 MHz
Satellite BLoS	46 MHz	- UA to SAT: 18.9 MHz - UACS to SAT: 4.1 MHz - SAT to UA: 4.1 MHz - SAT to UACS: 18.9 MHz
	56 MHz for a regional-beam satellite BLoS	- UA to SAT: 24.05 MHz - UACS to SAT: 4.1 MHz - SAT to UA: 4.1 MHz - SAT to UACS: 24.05 MHz

UA: Unmanned aircraft, UACS: UA control system, SAT: Satellite.

2030년까지의 무인기 밀도를 가정하여 계산되었다. 이에 CNPC용 최대 소요 대역폭은 표 2와 같다<sup>[10]</sup>.

#### 4-1-2 ITU-R 분배

ITU-R에서는 지상 LoS CNPC 링크를 위해 960~1,164 MHz 대역에 AM(R)S 분배와 위성 BLoS CNPC 링크를 위해 5,030~5,091 MHz 대역에 AMS(R)S 분배에 대한 연구가 수행되었다<sup>[4]</sup>.

##### [960~1,164 MHz 지상 LoS 링크]

지상 CNPC 링크를 위한 34 MHz 스펙트럼 요구를 완전히 만족하지 못하며, 일부 국가는 이 대역의 일부를 UAS 지상 소요 대역폭으로 사용 가능하고, 일부 국가는 이 대역의 10.4 MHz 대역폭이 백업 링크, 항공 기상 레이더 데이터의 비디오 및 다운링크를 제외한 모든 CNPC 소요량을 충분히 만족하고 있다. 이와 같이 L-대역(960~1,164 MHz)에서 LoS CNPC 스펙트럼이 충분하지 않아 C-대역(5,030~5,091 MHz)에서 새로운 AM(R)S 분배가 WRC-12에서 이루어지게 되었다.

##### [5,030~5,091 MHz 위성 BLoS 링크]

MLS(Microwave Landing System)에 대한 보호기준이 만족하고, UAS 위성링크를 위한 56 MHz 소요 대역폭이 수용 가능하다.

#### 4-1-3 BLoS CNPC 링크

WRC-12에서 LoS CNPC 스펙트럼 요구를 충족시키고 있지만, BLoS 스펙트럼은 아직도 불충분하다. 왜냐하면 5,030~5,091 MHz 대역의 일부가 지상 LoS CNPC 링크용으로 사용되어 나머지 위성 BLoS CNPC 링크에 필요한 56 MHz 대역폭 수용을 충당하기 어렵기 때문이다. 더구나 이 대역에서 CNPC 서비스 제공 가능한 위성 운용이 없으며, 현재 계획된 위성도 전무하다. 따라서 BLoS CNPC는 현재 조건에서 보호된 항공용 스펙트럼에서 제공받을 수 없다. 위성 BLoS CNPC 링크를 조속히 개발하기 위해 FSS 내의 기존 위성을 사용하는 것이 WRC-15에서 허용되어 그 결정은 WRC-23에서 이루어지리라 기대되고 있다.

#### 4-1-4 미국

RTCA Special Committee 203은 UAS를 국가 공역통합을 지원하기 위해 2004년 10월에 설립되었다. 미국에서는 향후 L-대역 CNPC 이용을 위한 최상의 서브대역(sub-band)으로 비교적 적은 지상기반의 주파수 할당의 960~977 MHz를 고려하고 있다. 980~1,020 MHz 서브대역은 밀집되지 않은 지역에서 저고도 무인기에 추가적인 주파수 할당을 제공할 수 있다. 미국, 캐나다, 멕시코를 제외한 대다수 국가들은 셀룰러 기지국으로부터의 간섭 가능성으로 960~964 MHz 대역을 CNPC용으로 사용하는 것이 어렵지만, 향후 L-대역 ATC 무선시스템은 960~977 MHz 서브대역의 주파수 확보를 고려하고 있다.

#### 4-1-5 국내

미래창조과학부는 올해 IoT, 드론, 자율주행차 등 향후 성장 잠재력이 큰 3가지 무선통신 기반 유망 신산업 활성화를 위해 관련 주파수 6,850 MHz 폭을 확대 공급한다고 발표하였다. 이 중 드론에는 2,670 MHz 폭의 주파수를 신규·추가로 위성을 활용한 드론 제어용으로 2,520 MHz 폭을 신규 공급하며, 영상전송(환경·화재 감시용) 등 각종 드론 임무용을 위해 159 MHz 폭(소형 드론 100 MHz 폭, 중대형 드론 59 MHz)을 추가로 제공하였다. 표 3에 국내 UAS용 주파수 할당을 보인다<sup>[5]</sup>.

표 3. UAS 주파수<sup>[5]</sup>  
Table 3. UAS requences<sup>[5]</sup>.

Links	Allocation	Additional allocation	Maximum power	Total
Control	2,400~2,483.5 MHz	-	10 mW/MHz	2,923.5 MHz bandwidth
	5,030~5,091 MHz	-	10 W	
	-	11/12/14/19/29 GHz (2,520 MHz bandwidth)	52 W	
Payload	-	5,091~5,150 MHz	1 W	
	-	5,650~5,725 MHz	10 mW/MHz	
	5,725~5,825 MHz	-	10 mW/MHz	
	-	5,825~5,850 MHz	10 mW/MHz	
Total	244.5 MHz bandwidth	2,697 MHz bandwidth		

## V. UAS 정책 제언

### 5-1 법제도

#### 5-1-1 국내 드론 관련법<sup>1)</sup>

국내에서는 25 kg 미만의 드론은 신고하지 않아도 되지만, 촬영이나 기타 상업적인 용도를 위한 25 kg의 대형 드론은 신고와 인증이 필요하고, 무인 비행장치 조종자격이 필요하다. 자격 취득을 위해서는 20시간의 이론교육과 20시간의 비행교육을 받아야 하며, 비행 전에 비행 승인도 필요하다. 이는 초경량비행장치 조정자의 준수사항에 관한 항공안전법 시행 규칙에서 규정하고 있다.

#### 5-1-2 미국 FAA 규정 Part 107<sup>[11]</sup>

2016년 8월 FAA는 소형 UAS(일반적으로 드론)의 운용과 인증에 대한 새로운 규정을 제정하였다. UAS의 시민 운용을 허용하기 위해 기존 FAA 규정에 새로운 Part 107을 추가하였다. 이는 UAS 이용에 운용적 제한을 추가한 것으로 무게 제한, 주간으로 제한, 운영자와의 거리, UAS 비행의 가시성 및 속도 및 기타 요구조건을 포함하고 있다. 또한 이 규정은 소형 UAS를 운용하는 사람은 테스트를 통과하거나, 파일럿 인증서를 소유하거나 지난 24개월 비행 평가를 완료하거나, 소형 UAS 온라인 교육 코

스를 수료함으로써 항행 지식을 증명해야 한다.

#### 5-1-3 국내 법제도 개선점

국내, 미국, 일본의 드론관련 주요 조항을 비교하면 표 4와 같다. 최근 무게를 25 kg으로 완화하여 배터리 용량의 증대와 영상장비 장착 등 드론의 무게가 현실화되었지만, 운영시간도 미국과 같이 1시간을 늘려나가는 것이 바람직하다. 드론 관련 조항들이 추상적이고 모호해 드론 관련 사고 발생 시 법적 논쟁을 발생시킬 가능성이 크므로, 일부 조항은 좀 더 구체화할 필요가 있거나, 추가 법제화가 필요한 부분이다. 나아가 연구 시험용의 “모델 비행체”의 이용에 규제를 해서는 안 된다.

표 4. 국내·외 드론 법제도 비교

Table 4. Comparison of the law framework.

Category	Korea	US	Japan
Weight	< 25 kg	< 25 kg	< 25 kg
Height	< 150 m	< 120 m	< 150 m
Speed	-	100 mph	-
Licensed	No	Yes	No
Certification	No	Yes	No
Operation time	Day	Day + 1 hours	Day

1) 2017. 3. 29부로 항공법은 폐지되고 드론 등 기술발전 등 시대적 변화를 반영하기 위하여 항공안전법·항공사업법·공항시설법의 별도 법들이 제정되어 시행됨.

또한, 무단 촬영으로 인한 개인의 프라이버시권 침해 문제에 대해서도 일본과 같이 드론에 의한 촬영 영상 등의 인터넷상에서의 취급에 관한 가이드라인을 제정하여 불필요한 개인의 프라이버시권 침해를 방지해 나가야 한다.

## 5-2 기술기준 정비

재해 시 사람이 접근하기 어려운 장소에서 작업을 하기 위한 로봇의 중요성이 인식되는 동시에, 손쉽게 구입 가능한 새로운 타입의 로봇이 등장하는 등 다양한 분야에서 무인이동체의 이용이 기대되고 있다. 특히 드론의 원격조작이나 화상·데이터 전송에는 전파가 이용되고 있지만, 현재 시판되고 있는 드론의 전파이용은 무선국 면허가 필요 없는 Wi-Fi 기기 등을 이용하는 경우가 대부분이며, 보다 고화질로 장거리 화상전송 등, 전파이용의 고도화·다양화에 관한 니즈(needs)가 높아지고 있다.

이에 일본에서는 드론과 같은 무인이동체와 관련하여 로봇에서의 전파이용의 고도화 [설비규칙, 증명규칙] 및 특정 소출력 무선국의 고도화에 따른 제도정비가 이루어졌으며, 이를 요약하면 다음과 같다<sup>[12]</sup>.

### 5-2-1 일본의 2.4 GHz 및 5.7 GHz 대역

그림 6 및 그림 7과 같이 주로 고화질의 장거리 화상전송용 주파수를 확대하여, 상공 이용으로 5 km 정도의 통신거리를 확보하고 있다(예로서 화상의 현장영상을 드론에 의해 리얼타임으로 취득하는 것이 가능하다).

### 5-2-2 일본의 169 MHz 대역

그림 8과 같이 백업용 주파수(필요 최소한의 원격조정이나 화상(예로서 프레임 레이크가 낮은 흑백화상) 등을 전송)를 확대하여, 이를 통해 주 통신회선이 불용일 경우, 복구를 위한 최소한의 운영이 가능하다.

### 5-2-3 국내 기술기준 개정 방안

2016년 5월 드론산업을 신산업으로 육성하기 위한 관련 규제를 개선하여 초경량 비행장치의 조종자 준수사항 중 허가를 필요로 하는 대상완화 등 현행제도의 미비점을 개선하였다. 주요 내용으로 무인동력비행장치 중 비행

승인을 받지 않아도 되는 대상을 자체 무게 12 kg 이하에서 최대 이륙 중량 25 kg 이하로 변경하게 되었다(국토교통부 공고 제2016-1005호).

국내의 드론 관련 무선설비규칙은 미래창조과학부고시 제2017-21호 “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준”에서 “무선데이터통신시스템용 특정 소출력 무선기기의 기술기준”에서 다루어지고 있다. 그러나 국내에서도 재해시 사람이 접근하기 어려운 장소에서 작업이나, 보다 고화질로 장거리 화상전송 등이 필요한 점, 전파이용의 고도화·다양화에 관한 니즈가 높아지고 있다는 현실을 고려하여 드론 또는 UAS 관련 기술기준의 고도화 및 새로운 기준제정 등이 필요한 실정이다. 이에 “신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용

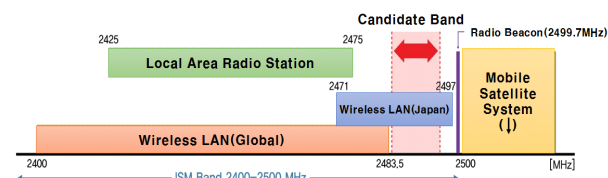


그림 6. 일본의 2.4 GHz 후보주파수 대역  
Fig. 6. 2.4 GHz candidate band in Japan.

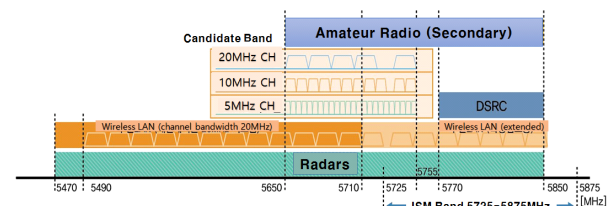


그림 7. 일본의 5.7 GHz 후보주파수 대역  
Fig. 7. 5.7 GHz candidate band in Japan.

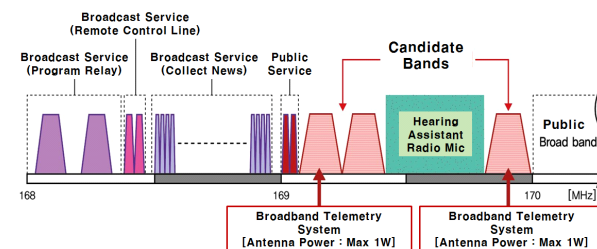


그림 8. 일본의 169 MHz 후보주파수 대역  
Fig. 8. 169 MHz candidate band in Japan.

무선설비의 기술기준"에서 2.4 GHz 및 5.7 GHz에서의 가용 채널 확대, 이에 따른 기술기준의 정비, 백업용으로 VHF 주파수 확보와 이의 기술기준을 도입해야 한다.

## VI. 결 론

드론 등의 UAS 산업은 4차 산업혁명의 도래와 함께 급격히 성장할 것으로 예상되고 있으며, 미래성장 동력에 중요한 역할이 기대되는 UAS 산업을 육성하기 위하여 미국을 비롯하여 EU, 중국, 일본 등에서는 국가 차원의 로드맵을 수립하고, 관련 산업을 적극 육성하고 있다. 이에 본 논문에서는 UAS 국내외 산업동향, 핵심 전파기술과 주파수 확보 방안, 국외의 법제도 등을 분석하여 국내의 UAS 산업 활성화를 위한 정책을 제안하였다.

UAS 기술에서 3가지 주요 개발은 소형화, 자율비행, 군집(swarm)비행 관점에서 이루어지고 있다. 첫 번째, 소형화를 위한 기술 개발이 가장 활발히 이루어지고 있으며, 대부분의 로봇분야에서처럼 차세대 드론들은 이전보다 좀 더 작고, 가볍고, 저렴한 형태를 갖고 있다. 두 번째, 주요 개발은 드론의 자율비행에 집중되어 지금의 원격제어 비행체에서 부분적으로 운영자의 원격제어 없이 자율비행이 가능하게 될 것이다. 향후 비행 루트 및 SAA와 관련하여 다른 비행체나 새에 의한 충돌방지, 급변하는 기상조건에 적응할 수 있는 자율비행 시스템이 기대되고 있다. 세 번째, 주요 개발은 드론의 군집비행이다. 드론들의 자율비행 증가로 군집비행에서의 드론 간의 협력을 기대하며, 이를 통해 특정 응용을 위한 비행거리, 지속시간, 최대 페이로드의 확대가 가능하다.

지상 CNPC LoS 링크용 L-대역은 타 시스템과의 간섭으로 인해 사용이 불확실하다. 또한, 위성 CNPC BLoS 링크용 스펙트럼 분배도 충분하지 않다. 이 문제를 해결할 수 있는 한 방법은 위성 CNPC BLoS 링크용으로 FSS 주파수 대역 사용을 허용하는 것으로 WRC-15에서 논의되어 그 결정은 WRC-23에서 이루어지리라 기대되고 있다. 국내에 할당된 UAS용 제어용 주파수 대역에서 11/12/14/19/29 GHz 대역은 WRC-15에서 논의되었던 FSS 주파수와의 호환성이 요구되고 있으며, 특히 임무용 주파수 중 5,091~5,150 MHz는 ANLE(Airport Network and Location Equipment) 및 AMT(Aeronautical Mobile Telemetry) 시스

템과의 간섭문제 해결이 중요하므로, 이에 대한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

국내에서도 일본의 드론관련 화상전송시스템 기술기준과 유사하게 2.4 GHz 및 5.7 GHz에 대한 채널확대 및 이의 기술기준 정비, 백업용으로 VHF 주파수 확보와 이의 기술기준을 도입해야 한다. 이러한 기술기준 제정을 위해서는 전파측정시스템 구축이 요구되고 있는 바, 실내 전자파 무반사실 또는 야외시험장을 우선하는 측정설비 등이 구축되어야 한다. 또한, 주파수 공동사용을 위해서는 기존 무선시스템 운용을 배려하고, UAS 상호 간의 운용조정을 행할 필요가 있으며, 이를 위해 UAS 전파이용 시스템에 있어서는 타의 무선시스템을 포함하여 원활한 운용조정을 위한 무선국 면허의 취득을 요하는 것이 적절하다. 이에 원활한 주파수 이용의 관점에서 UAS 운용자측이 주체가 되어 운용조정을 위한 규정제정이 요구되고 있으며, 효율적인 UAS 관리를 위해 무선국의 면허제도를 도입하고, 무선 국감리를 행하는 것이 필요하다.

또한, 국내에서도 항공안전법 시행규칙에서 드론비행에 관해 규정하고 있지만, 관련 조항들이 추상적이고 모호해 드론관련 사고 발생 시 법적 논쟁을 발생시킬 가능성이 크므로 법조항의 일부는 좀 더 구체화할 필요가 있거나, 추가 법제화가 필요하다. 또한, 무단촬영으로 인한 개인의 프라이버시권 침해 문제에 대해서도 일본과 같이 드론에 의한 촬영영상 등의 인터넷상에서의 취급에 관한 가이드라인을 제정하여, 불필요한 개인의 프라이버시권 침해를 방지하여 UAS 산업 활성화를 해나가야 한다.

## References

- [1] KCA 보고서, "무인 이동체를 위한 전파기술 및 정책 연구", 2016년.
- [2] Allianz Global Corporate & Specialty, "Rise of drones; Managing the unique risks associated with unmanned aircraft systems", Sep. 2016.
- [3] 강영홍, "초연결 시대의 UAS 주파수의 효율적 활용방안", 한국전자파학회논문지, 26(10), pp. 914-923, 2015년 9월.
- [4] M. Mostafa, M. Schnell, "Unmanned aircraft systems: Spectrum related issues for control and non-payload com-

munications", *Integrated Communications Navigation and Surveillance(ICNS)*, Apr. 2016.

[5] 미래창조과학부 보도자료, 2015년 6월.

[6] T. P. Priesterback, K. A. Bruns, L. I. Baron, and J. E. Sohlke, "Unmanned aircraft system airspace integration in the national airspace using a ground-based sense and avoid system", *John Hopkins Technical Digest*, vol. 32, no. 3, pp. 572-583, 2013.

[7] Department of The Air Force, Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015~2035, Technical Report, Version 0.1, Sep. 2013.

[8] M. Ritzinger, "Practical aspects & upcoming developments of European regulations for UAS below 150 kg

in context with Austrian rulemaking", Master's Thesis, University of Applied Science, Sep. 2014.

[9] X. Yu, Y. Zhang, "Sense and avoid techniques with applications to unmanned aircraft systems: Review and prospects", *Progress in Aerospace Sciences* 74, pp. 152-166, 2015.

[10] ITU-R Report M.2171, Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace, Dec. 2009.

[11] [https://www.faa.gov/uas/media/Part\\_107\\_Summary.pdf](https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf)

[12] [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000430026.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000430026.pdf)

## 강 영 흥



1984년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)

1986년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학석사)

1993년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학박사)

1988년 3월~1990년 2월: 한국항공대학교

통신공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월: 일본 오사카대학 객원교수

2003년 8월~2005년 2월: 영국 York대학 방문교수

1990년 4월~현재: 군산대학교 전자정보공학부 교수

[주 관심분야] 위성통신, 이동통신, 표준화